



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DANIEL VIANA ANDRADE SILVA

**CONFECÇÃO DE UM FILTRO DE BANCADA PARA AUXÍLIO NA  
MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA**

POMBAL- PB

2022

DANIEL VIANA ANDRADE SILVA

**CONFECÇÃO DE UM FILTRO DE BANCADA PARA AUXÍLIO NA  
MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - *campus* da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como um dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Pós. Dra. Andréa Maria Brandão M. de Oliveira.

S586c Silva, Daniel Viana Andrade.

Confecção de um filtro de bancada para auxílio na melhoria da qualidade da água / Nararaly Pereira de Sousa. – Pombal, 2022.

44 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Pós Dra. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira”.  
Referências.

1. Tratamento de água. 2. Reservatório de água. 3. Filtração lenta. 4. Sustentabilidade I. Oliveira, Andréa Maria Brandão Mendes de. II. Título.

CDU 628.16(043)


DANIEL VIANA ANDRADE SILVA

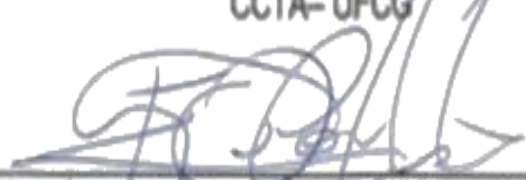
**CONFECÇÃO DE UM FILTRO DE BANCADA PARA AUXÍLIO NA  
MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA**


Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado visando à obtenção de grau de bacharelado em Engenharia Ambiental, e aprovado na forma final pela Banca Examinadora designada pela Coordenação da Unidade Acadêmica de Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal-PB.

Aprovado em: 30 de agosto de 2022.

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Orientador: Prof. Pós. Dr.ª Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira  
CCTA- UFCG

  
2º Examinador: MSc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho  
CCTA - UFCG

  
3º Examinador: DSc. Sanduel Oliveira de Andrade  
SME-Patos-PB

POMBAL-PB

2022

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre se lembrar de mim e sempre me abençoar de sua graça.

Agradeço a minha família que é minha rocha e sem eles, isso não seria possível. E mesmo de longe conseguia achar apoio. Agradeço ao meu pai Djair e minha mãe Debora pelo suporte emocional e financeiro e por serem toda a base de quem eu sou hoje, e todo o carinho e amor que me deram até mesmo em momentos que achei que não teria. Aos meus irmãos Wallace, Danielly, Denise e Chayana por sempre me apoiarem e todos os conselhos, e por saber que sempre poderei contar com eles. Agradeço também a minha cunhada Juliana que tenho como irmã que me deu suporte e apoio. Aos meus sobrinho Yuri, Icaro, Clara e Igor por me darem alegria e força, sem mesmo saber.

Agradeço ao meu namorado e companheiro Juvêncio por todo o caminho que percorremos juntos, e saber que cada um se ajudava e apoiava em momentos difíceis e em momentos de saudade da família. E por me ensinar a acreditar em si mesmo e sempre me mostrar que sou capaz de qualquer coisa.

Agradeço a todas as amizades que fiz durante a faculdade e de cada um levo uma lição. Agradeço especialmente a Mayara, Lucas, Ana Cecília, Amaral e Ellen por serem minha família em Pombal apoiando e caminhando juntos e também todos os momentos que vivemos. Agradeço aos meus amigos Ana Milena, Karen, Luan, Letycia e Julia que mesmo de longe me deram suporte.

Agradeço também a Fabiana Alencar por sempre ter me tratado como família e ter me dado suporte quando cheguei em Pombal.

Agradeço minhas companheiras de pesquisa e Laboratório Myllena, Erika e Maria Tereza, pelo momento que passamos juntos se conhecendo e todo conhecimento que adquirimos juntos.

Agradeço ao MSc. Luiz Fernando de Oliveira Coelho por todos ensinamentos e conselhos que foram me dados.

Agradeço a Pós. Dr<sup>a</sup>. Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira por ter me acolhido como seu orientando.

E por fim agradeço a todos que me ajudaram diretamente ou indiretamente nessa caminhada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Preparo da Garrafa	26
Figura 2: Curva Granulométrica	27
Figura 3: Curva Granulométrica do Caulim	29
Figura 4: Confecção do Protótipo I	30
Figura 5: Construção do Protótipo II	30
Figura 6: Construção do Protótipo III e suas lavagens	31
Figura 7: Confecção Protótipo V e suas lavagens	31
Figura 8: Confecção Protótipo VI e suas lavagens	32
Figura 9: Confecção Protótipo VII e sua lavagem	32
Figura 10: Confecção Protótipo VIII	33
Figura 11: Teste de Remoção do Sódio	33
Figura 12: Filtros com a adição da Argila Paligorsquita	34

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1:** Quadro de Análises

39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Granulometria das peneiras usadas para a areia.	26
Tabela 2: Tabela do Gráfico Granulometrico da Areia	27
Tabela 3: Granulometria das peneiras utilizadas para o caulim	28
Tabela 4: Tabela do Gráfico Granulometrico do Caulim	28
Tabela 5: Remorção do Sódio	40
Tabela 6: Médias de Tratamento da Remoção do Sódio	41
Tabela 7: Cálculo da Vazão	43
Tabela 8: Médias de Tratamento para a Cor Aparente	44
Tabela 9: Médias de Tratamento da Concentração Turbidez	45
Tabela 10: Média do pH	46



## RESUMO

72,2 % das comunidades rurais e periféricas recebem água exclusivamente por meio de poços, cacimbas, açudes e barreiros, que não passam por um tratamento prévio podendo vir a provocar uma série de doenças. Então sugere, a utilização de um filtro lento domiciliar de areia surge como uma boa alternativa para o tratamento de água, já que não é necessário um profissional qualificado para manejar e preservar o sistema. Diante desse cenário objetivou-se a confecção de um filtro lento a partir de garrafa pet reutilizada para o tratamento de água de comunidades isoladas e rurais. Para isso realizou-se uma pesquisa dividida em duas fases: o estudo do caulim e da argila paligorsquita como meio filtrante e a construção de um protótipo de filtro. Foram preparados 5 filtros a partir de garrafas PET e colocou-se em cada um deles camadas de areia, caulim, argila paligorsquita e pedregulhos em diferentes tamanhos para cada filtro de acordo com a melhor curva de granulometria. Após finalizados, os protótipos passaram por um processo de lavagem com 250 mL de água destilada e foi realizado um teste de absorção do Sódio para verificar a melhor maneira de utilizar a argila paligorsquita no filtro e preparou-se mais 2 novos protótipos. O protótipo I, logo na primeira lavagem, mostrou sinais que não iria suportar e em questão de segundos se desfez, levando todo o meio filtrante. Já os protótipos II e III mostraram-se consistentes nas demais lavagens. Os outros protótipos o tiveram como base uma camada suporte de caulim maior que a MESH 16 e não suportou-se. Quanto à vazão, o filtro II teve a filtração em 15 minutos, mas o valor foi desconsiderado pelo fato de parar a filtração e ver que ainda tinha água pelo filtro e o filtro V apresentou o menor tempo. A turbidez e cor da água não obtiveram resultados desejados e estabelecidos pela Portaria nº 888/2021, isso se dá pelas partículas dos materiais filtrantes que se misturaram com a água da lavagem. Porém, para o pH, todos os filtros mostraram conformidade com a legislação. Portanto, foi notório que os filtros produzidos não obtiveram resultados satisfatórios para o parâmetro cor e turbidez. E isso pode ser explicado pelo fato do filtro ainda se apresentar em estado de amadurecimento, mas têm grande potencial de ser aprimorado em pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; reservatório; saúde.

## ABSTRACT

72.2% of rural and peripheral communities receive water exclusively through wells, ponds, dams and ponds, which do not undergo prior treatment and may cause a series of diseases. So he suggests, the use of a slow home sand filter appears as a good alternative for water treatment, since it is not necessary a qualified professional to manage and preserve the system. In view of this scenario, the objective was to make a slow filter from a reused pet bottle for the treatment of water in isolated and rural communities. For this, a research was carried out divided into two phases: the study of kaolin and palygorskite clay as a filter medium and the construction of a filter prototype. Five filters were prepared from PET bottles and layers of sand, kaolin, palygorskite clay and pebbles in different sizes were placed in each of them according to the best granulometry curve. After completion, the prototypes were washed with 250 mL of distilled water and a sodium absorption test was carried out to verify the best way to use the palygorskite clay in the filter and 2 more new prototypes were prepared. Prototype I, in the first wash, showed signs that it would not be able to withstand it and in a matter of seconds it fell apart, taking all the filter media. On the other hand, prototypes II and III were consistent in the other washes. The other prototypes were based on a kaolin support layer larger than the MESH 16 and it was not supported. As for the flow, filter II had the filtration in 15 minutes, but the value was disregarded because the filtration was stopped and there was still water through the filter and filter V had the shortest time. The turbidity and color of the water did not obtain the desired results and established by Ordinance No. 888/2021, this is due to the particles of the filtering materials that mixed with the washing water. However, for pH, all filters showed compliance with the legislation. Therefore, it was evident that the filters produced did not obtain satisfactory results for the parameter color and turbidity. And this can be explained by the fact that the filter is still in a state of maturity, but has great potential to be improved in future research.

**Keywords:** Sustainability; Reservoir; Health.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	14
3.1	QUALIDADE DA ÁGUA	14
3.2	TRATAMENTO DE ÁGUA	16
3.2.1	Filtração	18
3.2.1.1	Filtração Lenta	19
3.2.1.2	Filtração rápida	20
3.2.1.3	Formas alternativas de filtração	21
3.3	FILTROS	22
3.3.1	Materiais filtrantes	23
3.3.2	Caulim	24
3.3.3	Argila paligorsquita	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	27
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA SUA AREA DE ESTUDO	27
4.2	CONFECÇÃO DOS PROTOTIPOS DE FILTRO	27
4.3	ELABORAÇÃO DAS PASTILHAS	36
4.4	TESTE DE REDUÇÃO DO SÓDIO	37
4.5	APLICAÇÃO DA ARGILA PALIGORSQUIRA NOS FILTROS	38
4.6	ANÁLISE DE PARÂMENTROS	39
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	40
5.1	COMPORTAMENTO DOS PROTÓTIPOS	40
5.2	RESULTADO DA REMOÇÃO DO SÓDIO	40
5.2.1	Filtro com a adição do material filtrante	42
5.3	AVALIAÇÃO DAS POSIÇÕES DAS CAMADAS DO MEIO FILTRANTE	42
5.4	COR	44
5.5	TURBIDEZ	45
5.6	PH	46
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	48
	<b>REFERÊNCIAS</b>	49

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível e necessário para a sobrevivência humana. Hoje, a distribuição e abastecimento de água requer uma atenção por ser um vetor de transmissão de patógenos, como bactérias, protozoários, vírus e fungos, que causam muitas doenças em humanos como: cólera, verminose, febre tifoide e dengue. Em 2017, supõe-se que cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo, ou 29% da população global, não tinha acesso a serviços de água potável. E esses números incluem 144 milhões de pessoas que coletam água não tratada (OMS/UNICEF, 2019).

Embora as dificuldades existam em grandes centros também há um desequilíbrio entre a situação das áreas urbanas e rurais, notando que a cada 10 pessoas que não têm acesso ao saneamento básico, 7 vivem em zonas rurais (OMS/UNICEF, 2019).

Portanto, o cenário mundial se aplica à vivência do Brasil, devido ao serviço de distribuição que existe em menores dimensões na Zona Rural quando comparadas à infraestrutura da Zona Urbana (OMS/UNICEF, 2019). Conforme o último censo realizado pelo IBGE, 72,2% da população rural brasileira até então só teria o acesso à água exclusivamente por meio de poços, cacimbas, açudes e barreiros; e não vem a ter um tratamento e assim possui grande potencial de causar doenças (IBGE, 2010).

Em termos de níveis de serviço e qualidade dos serviços as cidades menores, áreas periféricas e áreas rurais, principalmente as comunidades tradicionais, são as que menos se beneficiam do sistema de abastecimento, como do próprio atendimento e a qualidade do serviço (IBGE, 2010). Diante disso, no Brasil e outros países se encontram em desenvolvimento e com isso a globalização dos serviços de abastecimento ainda está sendo uma intenção distante, a situação das comunidades isoladas em questão das redes públicas ainda é preocupante (BESSA, 2020).

Nessa situação, os métodos descentralizados ou individuais se adequam como alternativa para o tratamento de água, pois se qualificam por terem tratamento próximo ao consumidor final, possuem tecnologias adequadas e

viáveis adaptadas às realidades rurais e podem ser realizados de acordo com cada necessidade avaliando aspectos sociais, econômicos e ambientais (DI BERNARDO;SABOGAL PAZ, 2008).

Esses métodos podem ser uma solução para o tratamento de água para as comunidades isoladas já que elas não possuem uma procedência confiável e possam proporcionar melhores condições de saúde à população. Nesse caso, a utilização de filtro lento domiciliar de areia vem a ser uma solução para o tratamento de água quando se adequam aos parâmetros legais e são manuseados de forma correta. Esse dispositivo é recomendado para comunidades isoladas e carentes já que não é necessário profissional qualificado para manejar e preservar o sistema (DI BERNARDO;SABOGAL PAZ, 2008).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Confeccionar um filtro lento para a melhoria dos parâmetros cor, turbidez e pH da água.

### 2.2 Específicos

- Avaliar o Caulim e a Argila Paligorsquita como material filtrante;
- Avaliar a influência do sequenciamento das camadas do meio filtrante;
- Avaliar a remoção de sódio através das pastilhas produzidas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Os temas saúde e meio ambiente estiveram entrelaçados ao longo da história das políticas públicas mundiais. Um exemplo prático é que o processo de urbanização e a formação das cidades são movimentos fundamentais na ocorrência e disseminação de doenças infecciosas além de epidemias e pandemias. O crescimento urbano é um fenômeno espantoso, com a população mundial projetada para aumentar de 670 milhões para 9,2 bilhões entre 2007 e 2050, com aproximadamente 6,4 bilhões de pessoas (60%) localizadas em centros urbanos (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

O Brasil não é exceção, onde a urbanização é desordenada e mal planejada, levando a problemas de abastecimento de água, esgoto e emprego informal, aumentando muito o risco de infecções de veiculação hídrica, e nessas áreas vulneráveis, a população urbana tem alto índice de risco (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020)

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020) estima que 15.000 pessoas morrem a cada ano no Brasil por doenças relacionadas a instalações instáveis de saneamento básico, e 350.000 são hospitalizadas. Cerca de 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada e metade da população não tem rede de esgoto (LEMOS, 2020).

Algumas doenças são exacerbadas pela exposição a um ambiente insalubre. A diarreia é a segunda causa de morte entre crianças menores de 5 anos, segundo a UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. Segundo a OMS (2020), 88% das mortes por doenças no mundo são causadas por saneamento inadequado (LEMOS, 2020).

Um relatório da OMS publicado em 2014 (OMS, 2014) afirmou que as mortes por diarreia poderiam ser reduzidas por meio de intervenções no abastecimento de água, se o tratamento da água passasse por filtração, fervura, cloração e desinfecção solar fosse implementado em casa.

Em 2015, a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável foi realizada na sede das Nações Unidas em Nova York, resultando nos novos Objetivos de

Desenvolvimento Sustentável, os ODS, e uma nova agenda para o trabalho global nos próximos anos: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (SOUSA, 2018).

A Agenda 2030 identifica as crescentes desigualdades, o esgotamento dos recursos naturais, a degradação ambiental e as mudanças climáticas como alguns dos maiores desafios do nosso tempo e reconhece que o desenvolvimento social e a prosperidade econômica dependem da gestão sustentável dos recursos hídricos e dos ecossistemas, e natureza integrada dos ODS (ONU, 2018).

A Agenda 2030 estabelece 17 objetivos de desenvolvimento sustentável para erradicar a pobreza, criar bem-estar social, proteger o meio ambiente e combater as mudanças climáticas, todos alinhados ao desenvolvimento econômico (SOUSA, 2018). ODS 6 - Água potável e saneamento, a formação da organização sinaliza um maior foco nas questões de água e saneamento na agenda política global.

Os recursos hídricos e serviços relacionados sustentam os esforços para erradicar a pobreza alcançar o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental. O ODS-6 é fundamental para todos os aspectos da dignidade humana, desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental (PNUD, 2018). Como resultado, foram identificadas oito metas globais para atingir esse objetivo, a saber:

6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos;

6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;

6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;

6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;

6.5 Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;



6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;

6.a Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados a água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;

6.b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento (ONU, 2016, p. 21).

De acordo com o relatório de acompanhamento “Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation”, publicado pela ONU (2018), os objetivos são universalmente aplicáveis e têm grandes aspirações e cabe a cada governo decidir como integrar esses objetivos nos planos nacionais e processos de planejamento.

As dificuldades de garantir o saneamento básico para todos se dá pela falta de investimento, mesmo com um aumento nos últimos anos ainda fica centralizado na zona urbana. De acordo com a Lei nº 14.026/2020 que estabelece diretrizes nacionais para o serviço de Saneamento no Brasil, os municípios são responsáveis pelos serviços e também por elaborar e planejar um Plano municipal de Saneamento Básico, documentação com destino técnico para garantir os quatro serviços básicos do saneamento.

No Brasil, o tratamento de água para abastecimento inclui diversos processos e operações para adequar a água das fontes aos padrões de água potável estabelecidos pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 888, de maio de 2021, a qual estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (OLIVEIRA et al., 2018).

### 3.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

Os principais propósitos do tratamento da água é o saneamento e a estética. A primeira envolve a remoção de organismos patogênicos e produtos químicos orgânicos ou inorgânicos que são prejudiciais à saúde humana. E em segundo lugar, tem a função de reduzir a concentração de substâncias que causam turbidez, cor, alteração do pH, odor e sabor (MONTE, 2020).

A cor da água é causada pela reflexão e dispersão da luz pelas suspensões contidas na água. Essas partículas derivam da presença de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, íons complexos de ferro, manganês e resíduos industriais, ou seja, de origem orgânica ou mineral (SANTOS, 2020).

Quando cloradas, essas partículas devem ser de origem orgânica para precursoras da formação do trihalometano, e a produção desse produto foi considerada cancerígena. Como o tratamento da água potável pública é realizada com cloro livre, ocorre a formação de complexos de cloro com essas substâncias. Assim, a análise de cor não é utilizada apenas para fins estéticos (KOWATA et al., 2000).

A turbidez da água é caracterizada por partículas em suspensão, como argila, lodo, areia, matéria orgânica e organismos microscópicos. A menos que essas partículas sejam de natureza química nociva, a turbidez torna a água esteticamente indesejável para consumo (KOWATA et al., 2000).

A determinação da turbidez é um fator importante na avaliação da qualidade da água, devido os solos brasileiros serem considerados solos abrasivos, resultando em alta turbidez devido à sedimentação de partículas (LÍBANO, 2010).

O pH é um parâmetro químico que indica a acidez ou alcalinidade da água que pode interferir no processo de tratamento da água. É um valor médio que determina as condições ácidas ou alcalinas da água. Este é um parâmetro operacional que deve ser monitorado para melhorar o processamento e evitar corrosão ou bloqueio da tubulação do sistema de distribuição (MONTE, 2020).

A forma como diferentes compostos químicos ocorrer na forma livre e ionizada, bem como a mudança no grau de solubilidade dessas substâncias, deve-se à influência do valor do pH. Na água a presença de valores de pH baixos aguenta a ser mais corrosiva e valores de pH altos tendem a formar mais escala. A variação do pH pode estar ligada à dissolução de rochas, resíduos industriais ou domésticos (MMA 2006).

Cada um desses parâmetros serve para testar a qualidade da água e verificar a eficiência dos tratamento aplicados nela para a sua potabilidade. Além desses fatores a escolha de um processo de tratamento apropriado para a água deve levar em consideração a qualidade da água tratar, bem como as

características socioeconômicas da comunidade a ser beneficiada (MONTE, 2020).

Para atender aos padrões de qualidade para consumo humano, a água distribuída a uma comunidade ou população é tratada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que normalmente faz parte do sistema de abastecimento de água. O tratamento da água consiste em entregá-la a processos químicos e físicos que a tornam potável, desta forma, a ETA funciona como finalidade industrial para converter água bruta em água potável (MICHELAND et al., 2019).

Segundo Richter (2009), o processo de tratamento mais utilizado no Brasil é o tratamento convencional, que consiste em coagulação, floculação, sedimentação e filtração, que devem ser avaliados separadamente para tornar a água mais adequada aos padrões de consumo.

Dentro do tratamento convencional, destaca-se o papel fundamental do processo de filtração para eliminar a matéria sólida residual do tratamento, a fim de garantir a qualidade necessária para purificação e adequabilidade ao consumo (DI BERNARDO et al., 2005).

Nas áreas rurais, os sistemas centralizados não são economicamente viáveis. Nesses casos, soluções descentralizadas, alternativas ou separadas são mais apropriadas. A utilização de filtros de barros e filtros domésticos são bastante comum pelo fato de possuírem uma tecnologia de baixo custo com pouca operação e manutenção especializada. Compatível com a realidade das comunidades do sertão brasileiro. Essas características podem contribuir para a universalização do saneamento, pois ao atingir comunidades isoladas, levam ao direito à água tratada de forma sustentável preconizada no ODS 6 da ONU que é garantir disponibilidade e gestão sustentável para todos (BESSA, 2020).

### 3.2.1 Filtração

O processo de filtração baseia-se na remoção de partículas, partículas coloidais ou suspensas e microrganismos da água no fluxo de meios porosos (geralmente areia). Os filtros usados para tratar o abastecimento de água podem ser classificados de acordo com: tipos de meio filtrante (granular ou poroso),

número de camadas (simples ou multicamada), direção do fluxo (para cima ou para baixo), taxa de filtração (filtro rápido ou filtro lento), etc. Normalmente, os filtros rápidos têm taxa de filtração de 120 a 480 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, enquanto os filtros lentos têm taxa de filtração de 2,4 a 9,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia (LIBÂNIO, 2010; SOUZA, 2007).

A remoção de impurezas da água é especialmente necessária porque suas partículas podem causar cor e turbidez, que, se não removidas, prejudicam a eficiência da desinfecção e inativação de microrganismos nocivos (LIMA, 2020).

A filtração é um processo importante na geração de água segura para o consumo humano. A Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde reivindica que toda a água de nascente superficial seja filtrada. A filtração pode ser classificada em: rápida, com taxa de filtração entre 150 e 600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia ou lenta, com taxa de filtração inferior a 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d (DI BERNARDO;SABOGAL PAZ, 2008).

A filtração pode ser classificada como rápida e lenta. Para usar a filtração rápida, a água bruta precisa passar pelos processos unitários de coagulação química, floculação, decantação ou flotação, e se for o caso uma filtração com material filtrante de granulometria maior que a da filtração lenta. E na filtração lenta a coagulação química não é usada, e a água bruta deve ter as propriedades adequadas para que o processo seja eficaz (PROSAB, 1999).

### 3.2.1.1 Filtração Lenta

A filtração lenta é altamente afetada pela turbidez, e esse parâmetro mostra indiretamente a quantidade de partículas em suspensão e coloidais, onde os microrganismos procuram suporte. De acordo com Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) citam que o limite da turbidez em afluentes dos filtros lentos em 5uT.

No início da operação do filtro lento. O material filtrante está limpo, conseqüentemente, a capacidade de remoção de impurezas ainda é comparativamente baixa. O período de maturação deve ser aguardado para que a camada biológica "Schmutzdecke" se formando sobre a areia. A água produzida por filtros lentos é de qualidade aceitável somente após a formação dessa camada (PROSAB, 1999).

A *Schmutzdecke* é composta principalmente por partículas inertes, matéria orgânica e diversos microrganismos como bactérias, algas, protozoários, metazoários, etc. Além da precipitação de ferro e manganês quando esses metais são dissolvidos em água bruta (PROSAB, 1999).

Na filtração lenta são utilizadas baixas taxas de filtração de até  $6 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  conforme NBR 12216 (ABNT, 1992) e a definição do tamanho de partículas de areia fina de tamanho efetivo entre 0,25 e 0,35 mm, fator de não uniformidade igual a 2, Também de acordo com a NBR 12216. Devido a essas condições, a técnica também é adequada para baixas vazões e para águas com boas e pequenas variações de qualidade, conforme mostrado na Tabela 1. De fato, se houver alguma etapa de pré-tratamento (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A marginalização da filtração lenta no Brasil vai na contramão de países desenvolvidos como a Suécia. Nesse país, algumas estações de tratamento convencionais já contam com unidade de filtração lenta depois do filtro rápido e antes da desinfecção (CHAN et al., 2018).

### 3.2.1.2 Filtração rápida

A filtração rápida é uma técnica de processo na qual uma suspensão diluída é passada através de um meio filtrante particulado (geralmente areia) para clarificar uma suspensão (SILVA, 2018). Além de atingir taxas de filtração mais altas do que a filtração lenta até  $180 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  e  $6 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  nesta ordem (ABNT, 1992), a filtração rápida é caracterizada por um mecanismo de remoção de sólidos, comumente referido como como filtro para ação de profundidade.

A maior diferença entre a filtração direta e o tratamento de ciclo completo é que este último inclui uma etapa de decantação ou flotação, e geralmente a filtração ocorre no sentido descendente. A escolha de uma tecnologia em detrimento de outra está diretamente associada à qualidade da água bruta a ser tratada (MONTE, 2020).

A razão entre a porosidade e a espessura do meio filtrante para o tamanho médio das partículas é proeminente como uma característica do meio filtrante, portanto, aumentos no tamanho das partículas e na espessura da camada filtrante permitem uma vida útil mais longa do filtro (MONTE, 2020).

Por exemplo, a água com alta turbidez é efetivamente tratada na ETA. Todo o ciclo, enquanto a filtração direta tem se mostrado eficaz para água com turbidez média ou baixa. Na filtração direta, a remoção de impurezas na água é feita apenas pelo filtro, cujo desempenho está intimamente relacionado às variáveis hidráulicas e de condensação inerentes ao processo (MONTE, 2020).

Enquanto na filtração lenta, o mecanismo de remoção está relacionado principalmente a processos biológicos e efeitos de deformação na superfície do filtro, na filtração rápida, o aprisionamento de partículas ocorre ao longo de toda a altura do leito devido a processos físico-químicos (transporte e adesão) (SILVA, 2018).

### 3.2.1.3 Formas alternativas de filtração

A eficiência da filtração já é bastante conhecida e com o passar do tempo diferenciou a forma dos filtros. Se tem a filtração a vácuo e filtração sob pressão. A filtração a vácuo se dá pela criação da diferença de pressão entre os dois lados do meio filtrante, fazendo assim que o líquido seja sugado e logo atravesse os poros, enquanto as partículas sólidas ficam retidas e se mantêm presas na superfície do filtro. Já a filtração sob pressão ocorre pela aplicação de uma pressão positiva na região onde está localizada a torta. Em resposta à força aplicada, a parte sólida é levada ao meio poroso, enquanto o líquido é movimentado para fora da torta (SILVA, 2018).

Os filtros anaeróbios surgiram na década de 1950 e proporcionaram um avanço no uso de processos anaeróbios para tratamento de águas residuais. Esses filtros, tanto a montante como a jusante, possuem em seu interior um material de suporte para fixação da biomassa, o que minimiza o arrasto e garante menores períodos de partida, garantindo a remoção satisfatória de poluentes com baixas concentrações de sólidos em suspensão. Além dessas vantagens, tais sistemas são de fácil utilização e sentido econômico (SPECE, 1996; ANDRADE NETO, 2008).

Os filtros biológicos contêm bactérias aeróbicas e anaeróbicas, fungos, protozoários, algas, nematoides e larvas de hemípteros (METCALF; EDDY, 1991). A utilização de filtros biológicos aplicados nas atividades de piscicultura

mecanizada permite assim a filtração e também aumenta a densidade de pescado na produção permitindo mais lucro ao produtor (COIMBRA, et al, 2020).

A filtração caseira compreende como um conjunto de métodos amplamente aplicados pela população brasileira, servindo como principal forma de tratamento disponível em algumas regiões, além de auxiliar no tratamento químico tradicional (PATERNIANI; CONCEIÇÃO, 2004). Podemos perceber o quanto a população precisa de medidas que proveem água de melhor qualidade a um custo menor. A construção de filtros caseiros consiste em processos que utilizam materiais baratos e prontamente disponíveis e podem ser considerados como um método de purificação de água (ARAÚJO et al., 2015).

### 3.3 FILTROS

Para que todos os processos de filtração sejam realizados é necessário um material comum a todos, os filtros. Eles surgiram entre os séculos XIX e XX, com crescimento da urbanização e aumento de doenças houve a necessidade de preparar utensílios e equipamentos domésticos que fossem capazes de filtrar a água e torná-la apta para o consumo. Nessa vertente aparecem os populares filtros de metal Berkefeld e Pasteur, e até mesmo filtros feitos de pedra porosa. Porém, no Brasil esses não eram muito usados devido aos altos preços de importação desses aparelhos, sendo usado apenas por uma pequena parcela da população (BELLINGIERI, 2004).

Foi somente a partir de 1910, que algumas cerâmicas passaram a fabricar as chamadas velas filtrantes em território nacional, acoplando-as às telhas de cerâmica que eles produziam. Apesar do uso dessas telhas de cerâmica como recipiente de água fosse uma prática que remonta ao início da civilização, esses dois elementos só vieram a se combinar naquela época para dar origem a um novo produto, o filtro de água (BELLINGIERI, 2004).

Passando a utilizar essas matérias-primas nacionais facilmente encontradas no Brasil, os aparelhos filtrantes importados foram pouco a pouco sendo substituídos dando origem a um produto tipicamente brasileiro, um dos primeiros bens de consumo da indústria. Dessa forma iniciou-se uma forte onda de fabricação difundida pelo país, aparecendo várias empresas especializadas

na fabricação de filtros, tornando-se o principal equipamento de filtração doméstica de água, presente em grande parte das residências brasileiras (FRIGO et al., 2006).

No entanto, a partir dos anos de 1990, com o surgimento de produtos substitutos, como purificadores de água e água mineral já engarrafados, mudanças nas preferências e nos costumes dos consumidores causaram o início do processo de abandono do uso do filtro em grande parte das residências brasileiras e a consequente redução da relevância da indústria produtora de filtros (FRIGO et al., 2006).

Diante desse cenário nota-se a necessidade de uma reinvenção nesse setor de filtros para estimular as pessoas a voltarem a ter o filtro como um item indispensável nas suas rotinas. Por isso os pesquisadores vêm buscando novas formas de fabricar filtros, bem como novos materiais filtrantes para serem implementados neles e gerarem um produto diferenciado que aumente sua eficiência e sejam mais convenientes para um consumidor (BELLINGIERI, 2006).

### 3.3.1 Materiais filtrantes

Existem vários tipos de meios filtrantes, eles podem ser feitos principalmente de materiais flexíveis utilizando algodão, lã, linho, nylon, seda, juta, fibra de vidro e materiais rígidos como borracha porosa, carbono poroso e metal. A indústria mineral utiliza principalmente meios filtrantes flexíveis feitos de tecidos. No entanto, fica claro quantos materiais rígidos porosos também estão conquistando cada vez mais esse mercado (SILVA, 2018).

As propriedades da areia utilizada como meio filtrante maximizavam a eficiência do tratamento, concluindo que os tamanhos das partículas estavam entre 0,08 e 1,0 mm, os tamanhos efetivos estavam entre 0,15 e 0,30 mm, e um fator de não uniformidade menor que 5,0 materiais (recomendado entre 2 e 5) é ideal para filtros lentos (DI BERNADO; SABOGAL PAZ, 2008).

Os filtros cerâmicos não necessitam de uma tela filtrante, mas utilizam seções de material poroso rígido que permitem a filtração capilar através dos



micrósporos que compõem sua estrutura. Suas propriedades são influenciadas pela composição química e mineral e pelo tratamento térmico que recebe durante sua fabricação, que atuam diretamente na disposição dos átomos em sua estrutura e definem suas propriedades como meio filtrante, bem como sua permeabilidade e resistência (SILVA, 2018).

No entanto, é notório a existência de diversos estudos com diferentes materiais filtrantes, em destaque ao caulim e a argila paligosquita que tem como resultados a retenção de impurezas e adsorvente de materiais pesados eficiente para o tratamento da água.

O caulim tem muitas aplicações industriais e novos usos estão surgindo em pesquisa e desenvolvimento contínuos. É um mineral industrial com propriedades especiais devido à sua inércia química. Em uma ampla faixa de pH; é branco e exibe grande poder de cobertura quando é usado como pigmento ou extensor em aplicações de cobertura e preenchimento, a cobertura é macia e não abrasiva com baixa condutividade térmica e elétrica, e possui um menor custo que os materiais concorrentes (MÁRTIRES, 2017).

Diversas pesquisas visam desenvolver processos que pesquisam a paligosquita para diversos usos, inúmeras aplicações industriais, com foco em fluidos de perfuração, absorventes para cama de gato, carreadores agrícolas, absorventes industriais, entre outros usos (NGUYEN, 2018). Devido à sua estrutura única e grande área de superfície, é uma base muito bom para a imobilização de catalisadores de remoção de poluentes 2:1, pertencentes ao grupo das hornitas. É um silicato de magnésio complexo com uma composição de canal aberto assim formando cristais longos e muitas vezes tem aparência fibrosa (YANG, 2020).

### 3.3.2 Caulim

O termo caulim é usado para designar tanto a caulinita, como o principal componente e também como produto resultante de seu processamento. O caulim é uma rocha com granulometria fina e composta de material argiloso, geralmente com baixo teor de ferro e de cor branca ou quase branca. Apesar de que o mineral caulinita seja o fundamental componente do caulim

( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), outros integrantes além do alumínio, silício, hidrogênio e oxigênio normalmente estão existentes em sua composição. (LUZ et. al., 2008).

O caulim é um silicato de alumínio e identificado como mineral industrial, que recebeu relevância a partir da década de 1990, no Brasil tem sido usado nas indústrias nacionais de cerâmica, fertilizantes, tintas, borracha, papel e farmacêutica. Ela pode ser encontrada no Brasil nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste. Apresenta-se em dois tipos, o primeiro procede da transformação hidrotermal ou intempérica de rochas cristalinas, já o segundo se dá pelo processo de erosão ou afastamento dos depósitos primários em bacias (SILVA, 2013)

Segundo Sousa (2018) que expôs o aproveitamento do caulim que adquirido de forma comercial e associado a outros materiais (óxido de zinco e carvão ativado) usado como meio filtrante de filtros de cerâmica para a purificação de água, foi encontrado resultados consideráveis que alegaram a contenção significativa dos elementos infectantes em todas as amostras, e obteve preferíveis resultados de pH (6,70), turbidez (96,2%), Coliformes Totais (73.2%) e *Escherichia Coli* (58,98%). Portanto, com esses resultados está adequado para manuseio de atividades com fins agrícolas, industriais, domésticos e aquicultura.

### 3.3.3 Argila paligorsquita

A paligorsquita ou atapulgita são sinônimos e referem-se ao mesmo argilomineral, mas aprovado pelo Comitê Internacional de Nomenclatura como paligorsquita, que foi o nome mais aceito pela comunidade científica. Contudo o termo atapulgita ainda é amplamente utilizado, principalmente para fins comerciais (MURRAY, 2006).

De acordo com Post e Crawford (2007), a paligorsquita é um argilomineral lamelar hidratado de hábito fibroso, pertencente a um filossilicato 2:1 que exhibe uma estrutura cristalina porosa na qual consiste em camadas semelhantes a fitas com duas camadas tetraédricas conectadas a uma camada octaédrica central através de uma estrutura fibrosa formadora de oxigênio comum. Isto é, os oxigênios basais no topo das folhas tetraédricas é periodicamente invertido em relação à base das folhas tetraédricas, à medida que as folhas octaédricas tem

cátions suspensos em suas esferas periodicamente, o que a coordenação é realizada pela coordenação é realizada pela coordenação das moléculas de água.

Cada célula de um cristal de Paligorsquita geralmente contém oito moléculas de água. Os íons de magnésio, como os cristais e as outras quatro moléculas de água da zeólita, interagem fracamente nos canais abertos devido à coordenação das quatro moléculas nas extremidades da folha octaédrica. Quando a água zeólita é removida. Logo cada canal terá uma seção transversal livre estimada de cada canal é de aproximadamente 0,37 x 0,64 nm, paralela ao eixo longo (HADEN e SCHWINT, 1967; CASES et al., 1991).

De acordo com Zhan et al. (2010), devido à sua grande área superficial específica e moderada capacidade de troca catiônica e boas propriedades reológicas e de adsorção da paligorsquita tem sido usada em uma ampla variedade de aplicações, inclusive como adsorventes de esterco animal, carreadores de drogas, agentes branqueadores, carreadores de catalisadores, adsorventes de metais pesados e corantes e intensificadores de polímeros (BERGAYA, 2008; CHEN et al., 2007; MIA et al., 2007; ZHAN et al., 2004; XUE et al., 2006), lama de perfuração, operadores agrícolas, absorvente industriais, absorvente de areia para gatos, suportes de catalisador, gelificantes em revestimentos, adesivos e cosméticos, cargas de reforço em borracha e plásticos, etc.), embora os de relevância ambiental sejam bem menores (ALVAREZ-AYUSO; GARCIA-SANCHEZ, 2007; GAN et al., 2009).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SUA AREA DE ESTUDO

A pesquisa realizou-se no Laboratório de Análises de Água da UFCG, Campus de Pombal, para o estudo onde a estrutura do laboratório é suficiente para a execução. Foi dividido em etapas: o estudo do caulim e a argila palirsgosquita como meio filtrante respectivamente e a confecção de um protótipo de filtro. Deu início a pesquisa em Abril de 2022A origem dos materiais filtrantes aconteceu através do processo de extração do caulim, que ocorrem no municípios de Junco do Seridó, PB, e a Argila Paligorsquita que se obteve através de doação.

### 4.2 CONFECÇÃO DOS PROTOTIPOS DE FILTRO

A confecção do filtro foi baseada em camadas que atuam como redes de diferentes tamanhos responsáveis pela captura de impurezas. Basicamente, essas camadas diferem em relação à dimensão dos componentes impuros. A parte superior do filtro seleciona as impurezas maiores, deixando espaço para a transição das menores que são capturadas pela camada suporte.

Primeiramente escolheu-se a garrafa de água mineral de 500ml por ser de fácil acesso e baixo custo. Foram pegas cinco unidades com comprimento de cerca de 22 cm, retirou-se o fundo da garrafa contendo em média 2,5 cm e também ignorou-se o ombro da garrafa que levaria a camada suporte do filtro como mostrado na Figura 1, levou-se em consideração o corpo 13,5 cm, da forma que 2 cm foram deixados para a água percolasse no filtro. Com isso teve camada de areia, caulim, argila paligorsquita e pedregulhos. Os 11,5 cm foram divididos por três camadas, onde ficou em média 4 cm para as camadas dos materiais filtrantes.

Figura 1: Preparo da Garrafa



Fonte: Silva (2022)

Em seguida coletou-se a areia e pedregulho para ser utilizado no filtro, discutiu-se para ver qual a granulometria a ser usada, e então, começou a se peneirar a areia. Na Tabela 2, estão destacadas as granulometrias das peneiras utilizadas.

Tabela 1: Granulometria das peneiras usadas para a areia.

<b>Abertura em mm/<math>\mu</math>m</b>	<b>ABNT/ASMT</b>	<b>TYLER/MESH</b>
4,00	5	5
2,36	8	8
2,00	10	9
1,00	18	16
500	35	32

Fonte: Silva (2022).

Conseqüentemente, conduziu-se para a construção da curva de granulometria que está ligada ao percentual de ocorrência de cada tamanho do dos grãos constituintes do solo, que é responsável por medir a condutividade hidráulica e a drenagem do solo (CANVA, 2018). Sabe-se que um solo arenoso é constituído por areia e pedregulhos e possui alta permeabilidade. Então pesou-

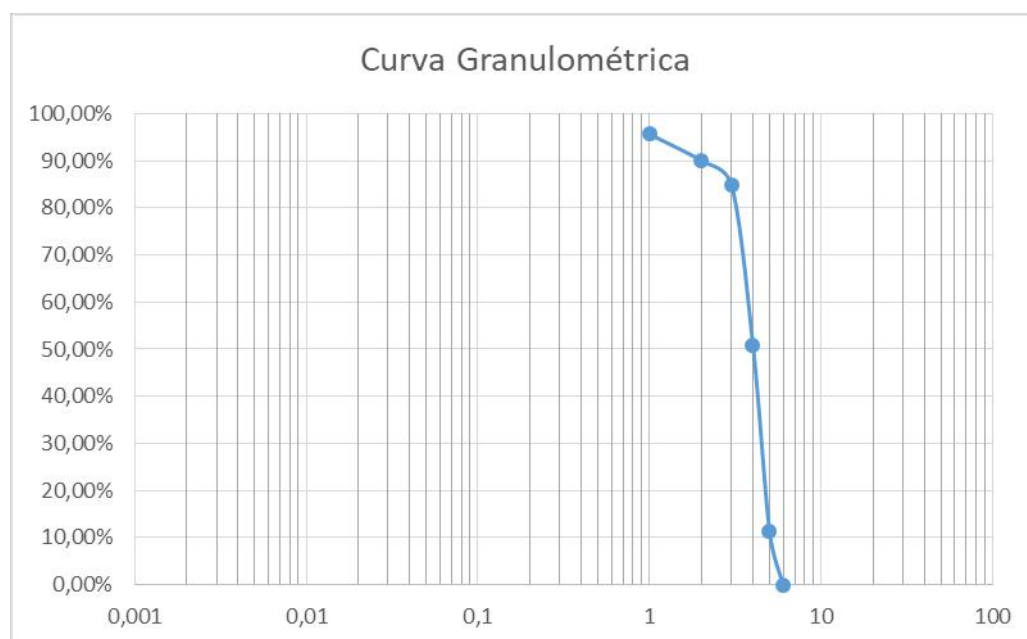
se 0,5 Kg de areia e foi peneirado nas peneiras citadas na Tabela 1, e em seguida pesou-se cada massa retida nas peneiras.

Tabela 2: Análise Granulométrica da Areia

Abertura em mm/ $\mu$ m	ABNT /ASMT	TYLER/ MESH	Massa retida(KG)	(%) de solo	(%) retida acumulada	(%) que passa em cada peneira
4	5	5	0,022	4,40%	4,40%	95,60%
2,36	8	8	0,028	5,60%	10,00%	90,00%
2	10	9	0,026	5,20%	15,20%	84,80%
1	18	16	0,17	34,00%	49,20%	50,80%
500	35	32	0,198	39,60%	88,80%	11,20%
Fundo			0,056	11,20%	100,00%	0,00%
		<b>SOMA</b>	0,5			

Fonte: Silva (2022).

Figura 2: Curva Granulométrica



Fonte: Silva (2022)

O caulim da mesma forma precisou-se peneirar para chegar na granulometria que foi trabalhada, primeiramente foi pesado 500g do material seco e homogeneizado, a Tabela 3 indica as granulometrias utilizadas no processo.

Tabela 3: Granulometria das peneiras utilizadas para o caulim

<b>Abertura em mm/<math>\mu</math>m</b>	<b>ABNT/ASMT</b>	<b>TYLER/MESH</b>
<b>4,00</b>	5	5
<b>2,36</b>	8	8
<b>2,00</b>	10	9
<b>1,00</b>	18	16

Fonte: Silva (2022).

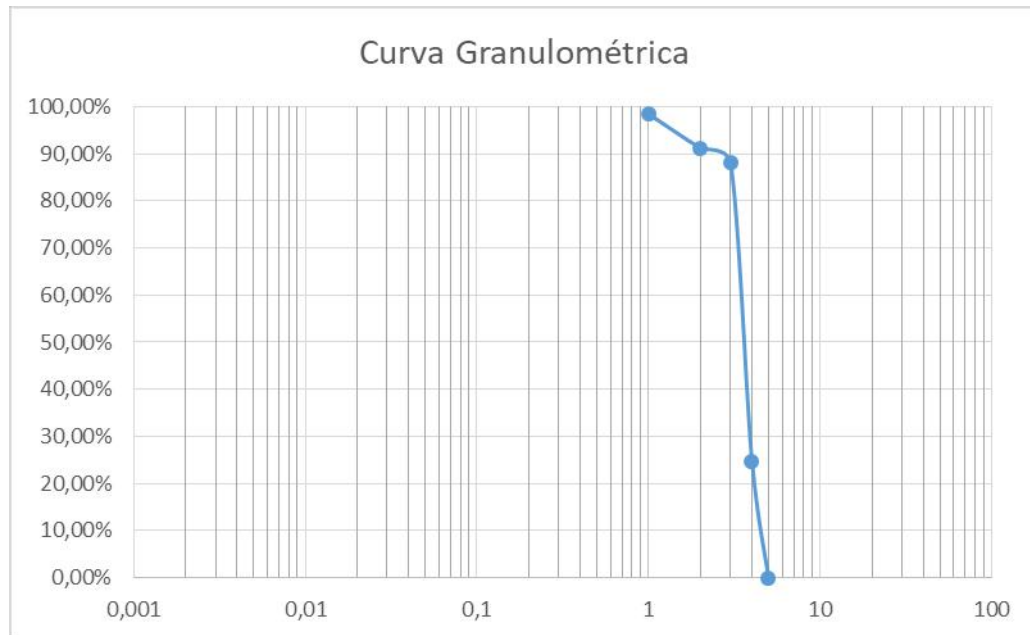
A curva granulométrica do Caulim elaborou-se com o mesmo intuito da curva granulométrica da areia, que é saber seu potencial de permeabilidade. Logo pesou-se 0,500 Kg de Caulim e depois fez o processo de peneiração e com ajuda do programa Microsoft Excel que produziu a curva.

Tabela 4: Tabela do Gráfico Gravimétrico do Caulim

<b>Abertura em mm/<math>\mu</math>m</b>	<b>ABNT /ASMT</b>	<b>TYLER/ MESH</b>	<b>Massa retida(KG)</b>	<b>(%) de solo</b>	<b>(%) retida acumulada</b>	<b>(%) que passa em cada peneira</b>
<b>4</b>	5	5	0,008	1,60%	1,60%	94,80%
<b>2,36</b>	8	8	0,036	7,20%	8,80%	91,20%
<b>2</b>	10	9	0,016	3,20%	12,00%	88,00%
<b>1</b>	18	16	0,316	63,20%	75,20%	24,80%
<b>Fundo</b>			0,124	24,80%	100,00%	0,00%
		<b>SOMA</b>	0,5			

Fonte: Silva (2022).

Figura 3: Curva Granulométrica do Caulim



Fonte: Silva (2022).

Posteriormente, dando início a confecção dos filtros, o ombro do filtro foi desconsiderado e recebeu a camada de areia retida da peneira MESH nº 9 sem uma base suporte, e na primeira faixa se pôs o caulim da peneira MESH nº 16 e logo em cima a camada de pedregulhos em alguns filtros reaproveitou os pedregulhos provenientes do processo de peneiração que ficaram retidos na peneira MESH nº 5 e em outros usou-se a brita, como destacado na Figura 3.



Figura 4: Confeção do Protótipo I



Fonte: Silva (2022).

Em sequência, foi dado início aos testes e lavagem dos protótipos usando 250mL de água destilada. O Protótipo II, representado pela Figura 5, constitui-se da areia peneirada na MESH nº 32, logo em seguida uma camada de 4 cm de caulim proveniente da MESH nº 16 e por último a camada de pedregulho que foram reaproveitadas do processo de peneiração da areia.

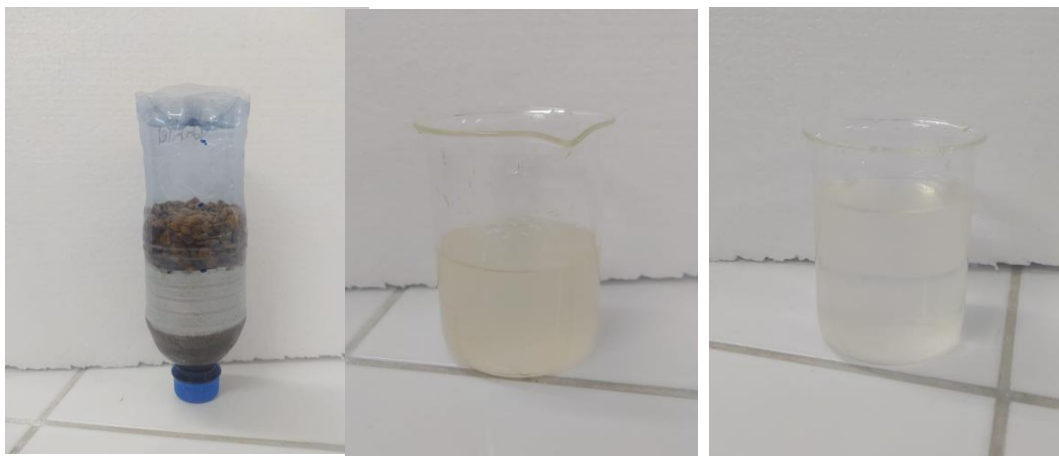
Figura 5: Construção do Protótipo II



Fonte: Silva (2022).

Em seguida o protótipo III, mostrado na Figura 6, teve as seguintes camadas: na parte do ombro do filtro onde foi o suporte, dividiu-se as camadas pedregulhos de granulometria MESH 5 que foi reaproveitado do processo de peneiração e a areia peneirada MESH 32, logo em seguida na primeira camada 4 cm de Caulim peneirado MESH 16 e em seguida os pedregulhos reaproveitados que ficaram retidos na peneira MESH 5. Também lavou-se com 250mL de água destilada como mostram a Figura 7 e 8 respectivamente.

Figura 6: Construção do Protótipo III e suas lavagens



O protótipo IV teve a seguinte elaboração: na parte do ombro do filtro o suporte do filtro teve as camadas de caulim que passou pela peneira MESH nº 9 e ficou retido na MESH nº 16 e por cima uma camada do caulim que passou na MESH nº 16, e em seguida 4 cm de areia MESH nº 32 e por fim os pedregulhos retidos na MESH nº 5 e assim sendo reaproveitados na confecção. No processo de lavagem utilizou-se 250mL de água destilada.

A elaboração do protótipo V mudou-se a ordem do material filtrante como mostra a Figura 9, e se deu pelas camadas: na área do ombro do filtro constituiu-se de uma camada de pedregulhos retidos na peneira MESH nº 8 e a percorrida na MESH nº 5, e complementando com o caulim MESH nº 16, e então 4 cm de areia MESH nº 32 e novamente se reaproveitou os pedregulhos retidos na MESH nº 5.

Figura 7: Confeção Protótipo V e suas lavagens



Fonte: Silva (2022).

O processo de lavagem se deu com 250mL de água destilada, e reaproveitando a parte do fundo da garrafa que se cortou no início do processo de confecção, logo em seguida fez-se furos para cria-se um gotejamento, assim fazendo um aparato que ajudaria no processo de lavagem.

A criação do protótipo VI dado pela Figura 12 se deu pela camada: na parte do ombro com o uso de pedregulhos retidos na peneira MESH nº 5, e posteriormente 4 cm de caulim que transpassou da peneira MESH nº 16, e após 4 cm de areia que passou da peneira MESH nº 32. E em seguida lavando-se com 250mL de água destilada.

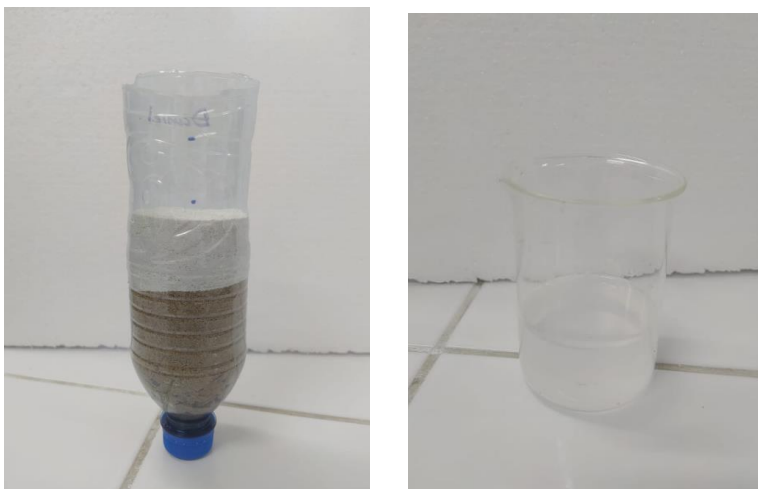
Figura 8: Confeção Protótipo VI e suas lavagens



Fonte: Silva (2022).

O protótipo VII mostrado na Figura 15 teve o seguinte arranjo: No ombro do filtro levou-se a camada de pedregulhos retidos na peneira MESH nº 5, e o corpo da garrafa dividiu-se com 4 cm de Areia que ultrapassou a peneira MESH nº 32 e 4 cm de Caulim que passou na peneira MESH nº 16. E posteriormente lavou-se com 250mL de água destilada.

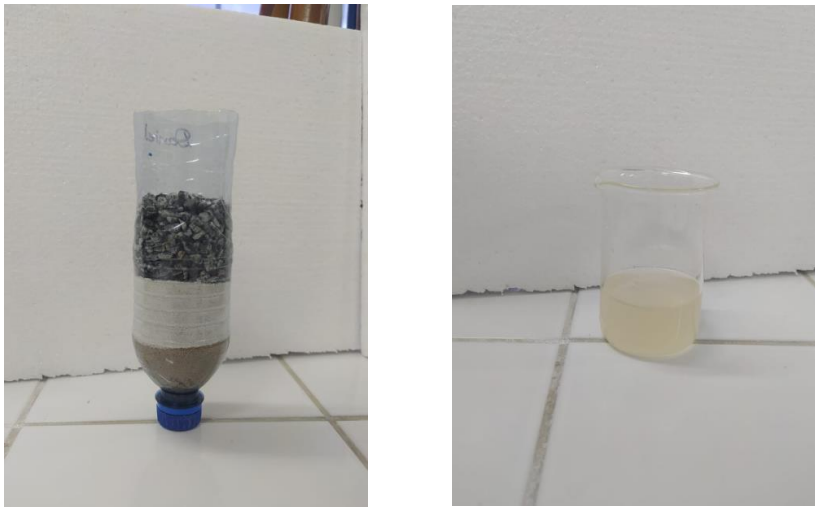
Figura 9: Confeção Protótipo VII e sua lavagem



Fonte: Silva (2022).

O protótipo VIII representado pela Figura 17, teve a montagem constituída por uma camada de Pedregulhos que passaram pela peneira MESH nº 5 e areia que ultrapassou a peneira MESH nº 32 compondo o ombro da garrafa, posteriormente 4 cm de Caulim que atravessou a peneira MESH nº 16 e por fim brita do tipo rachinha. E como todos os outros protótipos teve a lavagem com 250mL de água destilada.

Figura 10: Confeção Protótipo VIII



Fonte: Silva (2022).

#### 4.3 ELABORAÇÃO DAS PASTILHAS

Pelo fato de a argila possuir uma granulometria pequena, sua condutividade hídrica é muito baixa, chegando ser até impermeável. É por isso que foram feitos teste para se decidir qual a melhor forma de usar a argila paligorsquita. Então produziu-se pastilhas com a argila paligorsquita e o caulim, primeiramente foi feito sem medidas exatas, utilizando uma colher espátula de cada material e água deionizada, e para o formato da pastilha utilizou-se um instrumento caseiro constituído de uma seringa de 10 mL e dois êmbolos, para ajudar na compactação na produção da pastilha.

Portanto elaborou-se pastilhas usando padrões e medidas diferentes para escolher qual a forma que seria aplicado a argila no filtro. As proporções foram 1:1, 1:2 e 1:3, ondem reaproveitou-se o fundo da garrafa pet de 500mL para fazer as medidas, onde a proporção 1 cm foi a de argila paligorquista e o caulim à proporções crescentes.

Na produção da pastilha 1:1 fez medições de 0,9 cm  $\cong$  1,0 cm de argila com peso de 0,012 Kg, e 0,9 cm  $\cong$  1,0 cm de Caulim com peso de 0,018 Kg. Já nas pastilhas 1:2 as proporções de argila foram de 0,9 cm  $\cong$  1,0 cm pesando 0,010 Kg, e as de Caulim 1,9 cm  $\cong$  2,0 cm pesando 0,038 Kg. Por fim as pastilhas nas

proporções de 1:3 se deram 0,9 cm  $\cong$  1,0 cm de argila com peso de 0,010 Kg e de caulim 2,9 cm  $\cong$  3,0 cm, pesando, 0,072 Kg.

As pastilhas foram produzidas com tais proporções e utilizando em média 30mL de água deionizada para dar uma liga nos materiais, e depois as pastilhas foram cozidas na estufa a 550° C durante quatro horas.

#### 4.4 TESTE DE REDUÇÃO DO SÓDIO

Para não prejudicar as outras análises que serão feitas, o estudo do sódio foi feito separadamente. Logo após produção das pastilhas iniciaram os testes de redução do Sódio que se constitui primeiramente na elaboração da solução de cloreto de sódio (NaCl) de concentração de 528 ppm. Então utilizou-se as pastilhas sem proporção para o primeiro teste, onde utilizou-se Erlenmeyer de 75mL, e pipetou-se 25mL da solução de Cloreto de Sódio e inseriu as pastilhas. Posteriormente teve a ajuda da Incubadora Shaker com agitação orbital e Aquecimento, onde passou quatro horas em contato dinâmico na agitação 160 rpm e temperatura de 30°C. Em seguida filtrou-se com a ajuda de funis e papel filtro e armazenou-se em potes para posteriormente fazer as análises. Do início do processo até o armazenamento levou cerca de cinco horas e dezoito minutos.

E então aplicou-se as pastilhas feitas com proporções para o teste de absorção, utilizou-se Erlenmeyer de 75mL, onde pipetou-se 25mL da solução de Cloreto de Sódio e inseriu-se as pastilhas, onde ficaram duas horas e trinta minutos em contato estável, e em seguida utilizou-se a Incubadora Shaker onde passou por uma hora e trinta minutos em contato dinâmico na agitação 160 rpm e temperatura de 30°C. Logo após esse processo filtrou-se com o auxílio de funis e papéis de filtro e depositados em potes. O processo durou cerca de cinco horas e cinquenta e nove minutos do contato da pastilha com a solução e seu armazenamento.

Figura 11: Teste de Remoção do Sódio



Fonte: Silva (2022).

Também foi testado o material filtrante *in natura*, manuseou 1,0001g de Caulim e 0,5006g de Argila Paligorsquita que em seguida inseriu-se em Erlenmeyers de 75mL e pipetou-se 25mL da solução de NaCl. Posteriormente levados ao equipamento Incubadora Shaker, onde ficou em contato dinâmico por quatro horas dinâmico na agitação 160,0 rpm e temperatura de 30°C. Logo após esse processo filtrou-se com o auxílio de funis e papéis de filtro e depositados em potes. O processo durou cerca de quatro horas e vinte quatro minutos do contato do material *in natura* com a solução até seu armazenamento.

Posteriormente diluiu cada amostra na proporção de 1:100, para envio ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas onde foram realizadas as análises de fotometria de chama para verificar a remoção do sódio.

Logo após elaborou-se a análise dos dados e foi feito utilizando o Assistat versão 7.7 beta, através de Análise de Variância (ANOVA), utilizando um Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado (DIC) e o Teste de Tukey a 5%.

#### 4.5 APLICAÇÃO DA ARGILA PALIGORSQUIRA NOS FILTROS

Depois do teste de redução do sódio notou-se qual a melhor maneira de utilizar a argila paligorsquita no filtro. Então foi inserida da seguinte forma: no Protótipo III introduziu-se logo após a camada de Caulim e antes da camada de pedregulhos. Em seguida no protótipo V foi depositada posteriormente da camada de areia e antes da camada de pedregulhos.

E nos protótipos VI e VII introduziu a argila na última camada, logo após a camada de areia e caulim respectivamente. E por fim no protótipo VIII a argila foi depositada depois da camada de caulim e anteriormente da camada de pedregulhos do tipo rachinha.

E posteriormente elaborou-se um cálculo da vazão com intuito de analisar alguma dificuldade de percolação no filtro, a partir da adição de 30mL de água deionizada nos filtros e vendo quanto tempo até para de filtrar. Em seguida mL transformada para Litros e minutos e horas transformados para segundos.

#### 4.6 ANÁLISE DE PARÂMENTROS

As análises físico-químicas foram submetidas em triplicata o Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para a Análises de Água e Esgoto Sanitário e Industrial (BRASIL, 2004).

**Quadro 1:** Métodos usados para análise físico-química.

<b>Parâmetros</b>	<b>Equipamentos</b>
Cor Aparente	Colorímetro
Turbidez	Turbidímetro
pH	pHmetro

Fonte: Silva (2022).



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPORTAMENTO DOS PROTÓTIPOS

O protótipo I, logo na primeira lavagem, mostrou sinais onde não iria suporta e em questão de segundos, se desfez levando todo o meio filtrante. O protótipo II teve um bom comportamento até a segunda lavagem, onde novamente não segurou-se, também levando grande parte das camadas dos materiais filtrantes. Sendo assim, foi notória que era necessária uma camada suporte de pedregulhos, pois mesmo testando uma granulometria maior não foi capaz de segurar.

Por consequência, foi necessário acrescentar a camada suporte no filtro e uma nova elaboração dos filtros, o primeiro protótipo refeito (Figura 6), foi o protótipo III que se mostrou firme e suportou as demais lavagens. Por consequência disso, os outros protótipos o tiveram como base, mesmo o protótipo VI com uma camada suporte de caulim maior que a MESH 16 não suportou-se, então foi notório a necessidade da camada de suporte com um material de granulometria maior que as demais.

Logo os filtros que aguentaram os primeiros testes foram renomeados do I ao V, e deu continuidade as lavagens. O protótipo III nomeou-se de Filtro I; o protótipo V identificou-se como filtro V; o protótipo VI apresentou-se com Filtro III; o protótipo VII nomeou-se de Filtro IV e por fim o protótipo VIII identificou-se como Filtro II.

### 5.2 RESULTADO DA REMOÇÃO DO SÓDIO

A análise da redução de sódio foram feitos com o Fotômetro de Chama, comparando qual pastilha teria a melhor eficiência e os valores eram dados em ppm, e os resultados são:

Tabela 5: Remoção do Sódio

<b>1:1</b>	503	509	397	520	440
<b>1:2</b>	390	436	418	380	330

<b>1:3</b>	451	433	359	499	438
<b>1:1(Cru)</b>	465	335	465		
<b>Argila Paligorsquita</b>	409				
<b>Caulim</b>	515				
<b>Solução Mãe</b>	528				

Fonte: Silva (2022).

Tabela 6: Médias e Medidas da Remoção do Sódio

<b>Médias de tratamento</b>	
<b>1:1</b>	473 <sup>a</sup>
<b>1:2</b>	390 <sup>b</sup>
<b>1:3</b>	434 <sup>ab</sup>
<b>Dms</b>	0.80376
<b>Cv%</b>	11,01

Fonte: Silva (2022).

As pastilhas de proporção 1:2 obtiveram um melhor resultado com a adsorção do sódio. Então calculando o Percentual de Redução do Sódio da pastilha temos:

$$528 \frac{\quad}{\quad} 100\% \qquad \text{Equação 1: Percentual de Remoção do Sódio}$$

$$390 \frac{\quad}{\quad} X$$

$$X = 390 \times 100 / 528$$

$$X = 73,86\%$$

$$\text{Percentual de Remoção do Sódio} = 73,86\% - 100\%$$

$$\text{Percentual de Remoção do Sódio} = 26,14\%$$

Pelo valor da percentual de redução do sódio percebe-se que teria resultados positivos em águas salobras com baixa ou média de teor de sódio. E esses valores se deram pelo poder adsorptivo da argila paligorsquita, que já é uma característica estudada das argilas.

### 5.2.1 Filtro com a adição do material filtrante

Analisando os resultados da redução do sódio e comparando os resultados percebe-se que a proporção 1:2 obteve melhores resultados, e, então escolheu a melhor forma de posicionar a mistura de argila paligorsquita e caulim. Então mediu-se e pesou-se o material, com 1 cm de argila paligorsquita pesando em média 0,012 Kg e 2 cm de caulim pesando em média 0,050 Kg.

Figura 12: Filtros com a adição da Argila Paligorsquita



Fonte: Silva (2022).

### 5.3 AVALIAÇÃO DAS POSIÇÕES DAS CAMADAS DO MEIO FILTRANTE

Os filtros foram feitos de formas diferentes para testar qual o melhor filtro lento para o tratamento da água, assim mudando a posição das camadas dos meios filtrantes em cada filtro, e comparou-se a cor, turbidez e a dificuldade de percolação.

Se viu a necessidade da camada suporte logo no início da confecção e lavagens dos filtros, pelo fato de quando a água percolava sobre o filtro o material filtrante não segurava-se no filtro, assim desprendendo-se e levando grande parte dos meios filtrantes.

Os dois filtros que possuíam a camada suporte de pedregulhos mostraram melhores valores tanto para cor e turbidez, pelo fato dos pedregulhos

servirem de barreira física para partículas de areia, argila e caulim misturadas na água. E ainda o filtro que possuía a camada de areia logo após os pedregulhos teve melhores resultados desde o início das lavagens, já que a areia junto com a camada de pedregulhos é conhecida por servir de barreira física para as impurezas.

O filtro que possuía a rachinha na sua camada, teve o maior valor tanto para cor e turbidez. E a pedregulho rachinha pode ter contribuído para esses valores, quando se era feito a lavagem percebia-se uma matéria suspensa na água logo na camada das rachinhas que pode ser explicado pelo pó da brita que é conhecido no processo de extração, e também a camada suporte teve uma granulometria pequena assim não sendo o suficiente para agir com barreira para as impurezas.

Já os dois filtros produzidos com a camada de pedregulhos de rio na camada de cima não obtiveram um resultado tão diferente do filtro com rachinha, já que foi notório a necessidade dos pedregulhos com uma granulometria maior como camada suporte para que grande parte das impurezas fica retida nela.

Então com a variação das posições observou a necessidade da camada suporte de pedregulhos como barreira de impurezas. Nos filtros com essa camada percebeu-se a diferença de resultados para cor e turbidez, devido a camada do meio filtrante que viria posteriormente aos pedregulhos, que a camada de areia seria mais eficiente de que a camada de caulim.

Também foi observado a velocidade de filtração de cada filtro com intuito de ver se havia alguma dificuldade para a água percolar. E então elaborou-se um cálculo simples de vazão.

Antes de observar e elaborar o cálculo pensava-se que os filtros que tinham pedregulhos na última camada eram mais rápidos, porém tinha o mesmo resultado ou até maior. O filtro II teve a filtração em pouco tempo, mas o valor foi desconsiderado pelo fato de parar a filtração e observar que ainda tinha água pelo filtro, notando a dificuldade de percolação do filtro.

Tabela 7: Cálculo da Vazão

Filtro	Vazão
Filtro I	$V = \frac{L}{s} \Rightarrow \frac{0,03L}{8640s} = 3,47^{-6} L/s$
Filtro II	$V = \frac{L}{s} \Rightarrow \frac{0,03L}{900s} = 3,33^{-5} L/s$
Filtro III	$V = \frac{L}{s} \Rightarrow \frac{0,03L}{5220s} = 5,74^{-6} L/s$
Filtro IV	$V = \frac{L}{s} \Rightarrow \frac{0,03L}{7560s} = 3,96^{-6}$
Filtro V	$V = \frac{L}{s} \Rightarrow \frac{0,03L}{2700s} = 1,11^{-5}$

Fonte: Silva (2022).

#### 5.4 COR

A portaria nº 888/2021 exige que o parâmetro cor da água para consumo humano seja de até 15 uH (unidade Hazen) o valor máximo permitido, devido aos aspectos estéticos. A cor indica a presença de substâncias dissolvidas ou finamente divididas (estado coloidal).

Tabela 8: Médias de Tratamento para a Cor Aparente

<b>Médias de Tratamento</b>	
<b>Filtro I</b>	194,16 <sup>a</sup>
<b>Filtro II</b>	144,33 <sup>a</sup>
<b>Filtro III</b>	132,83 <sup>a</sup>
<b>Filtro IV</b>	40,33 <sup>a</sup>
<b>Filtro V</b>	153,33 <sup>a</sup>
<b>Dms</b>	155,99
<b>CV%</b>	69,10

Fonte: Silva (2022).

A cor dos filtros variou muito a cada dia que era feito a leitura, e tem leituras que foram ignoradas porque percebeu-se que quando era tirado a leitura da cor sem ter percolado toda a água pelo filtro a cor dava muito alta. Portanto só foi considerado os valores quando já tinha coletado toda a água que havia percolada pelo filtro.

As lavagens iniciaram-se no dia 18/07/2022 e percorreram até o dia 07/08/2022, e teve lavagens posteriores antes de adicionar a mistura da Argila

Paligorsquita e Caulim. E mesmo assim não mostrou valores satisfatórios para ser feitas outras análises que só poderiam ser feitas quando não obtivesse mais a passagem da cor nas lavagens.

E essa cor alta é dada pelo o uso do caulim empregado em pó e com uma pequena granulometria e sua pigmentação branca que já é conhecida e bastante usada e já se possui testes e estudos usando o Caulim para a substituição do Dióxido de Titânio para aplicação de tintas da cor branca, e o uso da Argila que também estaria passando a pigmentação para a água. E o uso de uma camada de suporte com pequena granulometria de pedregulhos que não servia de barreira para as impurezas, e percebia-se que a água depois da lavagens em alguns filtros tinha coloração esbranquiçada.

O filtro que obteve melhores resultados foi o filtro IV mesmo não tendo uma diferença estatística, e esse resultado se dá pelo fato do filtro ter camada suporte de pedregulho aplicada no ombro do filtro e a camada de areia posteriormente. Então percebeu-se por que é tão usado a camada de pedregulhos como camada suporte na filtração, devido servir de barreira e fazendo que grande parte das impurezas fiquem retidas nela.

## 5.5 TURBIDEZ

A turbidez é uma medida da resistência da água à passagem da luz. Isso se deve à presença de substâncias finas (partículas) em suspensão (flutuantes/dispersantes) na água. A portaria GM/MS nº 888/2021 estipula o valor máximo de 5,0 uT (unidade Jackson) para a água de abastecimento.

Tabela 9: Médias de Tratamento da Concentração Turbidez

<b>Médias de Tratamento</b>	
<b>Filtro I</b>	44,41 <sup>a</sup>
<b>Filtro II</b>	33,81 <sup>a</sup>
<b>Filtro III</b>	29,20 <sup>a</sup>
<b>Filtro IV</b>	9,46 <sup>a</sup>
<b>Filtro V</b>	35,41 <sup>a</sup>
<b>Dms</b>	34,97
<b>CV%</b>	67,64

Fonte: Silva (2022)

A turbidez dos filtros assim como o parâmetro cor não obteve resultados desejados e estabelecidos pela portaria nº 888/2021. E isso se dá pela falta da camada suporte de pedregulhos em alguns filtros e as partículas dos materiais filtrantes se sedimentavam e juntava a água da lavagem e ficavam suspensas. E outro fator é pelo fato dos filtros estarem em fase de teste ainda e acabava descendo um pouco do material.

Os filtros não se diferenciaram estatisticamente entre si, porém o filtro IV teve melhor resultado para turbidez chegando assim mais perto do valor exigido pela portaria.

## 5.6 PH

É um parâmetro que não apresenta risco à saúde diretamente relacionado à sua mensuração. É calculado em uma escala de 0 a 14 (menor que 7: condições ácidas; maior que 7: condições básicas). No abastecimento de água, valores baixos de pH podem levar à corrosividade e agressividade, enquanto valores altos aumentam o potencial de incrustação (MONTE, 2020). A portaria nº 888 de 04 de Maio de 2021 estabelece valores para o pH para água de consumo humano entre 6,0 e 9,0.

A análise de pH teve os seguintes valores.

Tabela 10: Média do parâmetro pH

Filtro	Média do pH
Filtro I	6,50
Filtro II	6,60
Filtro III	6,70
Filtro IV	6,56
Filtro V	6,34

Fonte: Silva (2022).

Os valores de pH estão dentro dos padrões estabelecidos pela portaria nº 888/2021, assim todos os filtros estão respondendo positivamente se tratando do parâmetro pH.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho obteve sucesso na elaboração de 5 diferentes filtros de bancada, no qual observou-se a influência das diferentes posições das camadas dos meios filtrantes, percebendo-se que a camada suporte com pedregulho teve a função de barreira, onde grande parte das impurezas ficam retidas nessa camada, bem como a importância da granulometria dos meios filtrantes no filtro, que a partir dela se planeja o sistema de filtração.

Nota-se ainda que os filtros lentos são ótimas alternativas no tratamento de água com valores de pH dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira, porém os mesmos não obtiveram resultados satisfatórios para os parâmetros de cor e turbidez. O que pode ter ocorrido pelo fato dos filtros ainda estarem em fase de testes, porém mostram-se promissores na melhoria da qualidade da água com boas perspectivas futuras através de novos testes com diferentes posições da camada filtrante e modelo de maior dimensões

Por fim, o teste de remoção de sódio que foi aplicado no trabalho obteve resultados positivos de 26,14, que pode ajudar na situação das áreas rurais que possuem águas salobras. Assim ampliando a linha de estudo do material filtrante e até do próprio filtro, proporcionando futuras pesquisas na área.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lídia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 3857-3868, 2020.

ALVAREZ-AYUSO E., GARCIA-SANCHEZ, A. **Removal of cadmium from aqueous solutions by palygorskite**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 147. p. 594-600,2007.

ANDRADE, M. C.; SAMPAIO, J. A.; LUZ A. B.; BUOSO, A. Rochas e Minerais para Cerâmica de Revestimento. In: LUZ, A. B. et al. Rochas e minerais industriais. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. cap. 27, p. 559-581. v. 27. Disponível em: < <http://file:///C:/Users/Ingrid/Desktop/rochas-e-minerais-industriais-1-edicao.pdf> >. Acesso em: 15 de Agosto de 2022.

APHA - American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4 ed. Washington, 2001. 676p. Araraquara, 2004

ARAÚJO, Maria Gabriella da Silva et al. Biofiltro-solar como sistema para o tratamento de água em comunidades ribeirinhas. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2015, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2015. p. 1-5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1992). **NBR 12216: Projeto de estação e tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT.**

BAETTKER, Ellen Caroline. CARVALHO, Karina Querne. FREIRE, Flavio Bentes. PASSIG, Fernando Hermes. MORAIS, Josmaria Lopes. Materiais alternativos como meio suporte de filtros anaeróbios para tratamento de esgoto sanitário sintético. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 23, p. 1091-1102, 2018.

Bellingieri, J. C. A indústria cerâmica em São Paulo: estudo sobre as empresas BELLINGIERI, Julio Cesar. Uma análise da indústria de filtros de água no Brasil. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Blumenau. SC. 2006. p. 31-35.

BERGAYA, F., LAGALY, G., VAYER, M. **Chapter 12.10 Cation and Anion Exchange**. In: FAIZA BERGAYA, B. K. G. T. e GERHARD, L. (Ed.). *Developments in Clay Science*: Elsevier, v. 1, 2006.

BESSA, Isabela Moreira. **Filtração lenta domiciliar como proposta para o tratamento de água em uma comunidade rural: estudo de caso no acampamento do mst edson noqueira em Macaé/RJ**. 2020. Conclusão de Curso (Bacharel em engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé-RJ, 2020. p. 59.

BRAGA FP. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água do município de Juiz de Fora – MG. Trabalho de conclusão de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2014.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 888, de 4 de maio de 2021. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde**. Diário Oficial da União. 4 Mai 2021.

CANH, V. D.; FURUMAI, H.; KATAYAMA, H. Removal of pepper mild mottle virus by fullscale microfiltration and slow sand filtration plants. *npj Clean Water*, v. 2, n. 1, p. 18, 2019.

CANVA, Felipe. **Entenda a curva de distribuição granulométrica do solo**. Além da Inércia, 4 jun. 2018. Disponível em: < [https://alemdainercia.com/2018/06/04/entenda-a-curva-de-distribuicao-granulometrica-do-solo/#:~:text=O%20Coeficiente%20de%20Uniformidade%20\(Cu,peneiramento%20e%20o%20di%C3%A2metro%20efetivo](https://alemdainercia.com/2018/06/04/entenda-a-curva-de-distribuicao-granulometrica-do-solo/#:~:text=O%20Coeficiente%20de%20Uniformidade%20(Cu,peneiramento%20e%20o%20di%C3%A2metro%20efetivo) >. Acesso em: 12 ago. 2022.

CARVALHO, Luiz Guilherme et al. A Universalização do acesso à água e saneamento básico e os indicadores do sexto objetivo de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU: Uma análise à luz do Novo Constitucionalismo Latino-Americano. 2020.

CASES, J. M., GRILLET, Y., FRANCOIS, M. Evolution of the porous structure and surface-area of palygorskite under vacuum thermal-treatment. *Clays and Clay Minerals*, v. 39, n. 2, p. 191-201, 1991.

CHEN, H., ZHAO, Y., WANG, A. **Removal fo Cu(II) from aqueous solution by adsorption onto acid-activated palygorskite**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 149. p. 346-354, 2007.

DA SILVA, Creir; PEREIRA, Máriam Trierveiler. Objetivos do desenvolvimento sustentável: uma análise do ODS 6 para os países do Mercosul. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão* (ISSN: 2525-4782), v. 4, n. 1, 2019.

DE LIMA LOPES, Ronyson; GOMES, Érico Rodrigues; MOREIRA, Gilvan. Aplicações industriais da argila paligorsquita: uma revisão bibliográfica. *International Journal of Development Research*, v. 11, n. 07, p. 48751-48756, 2021.

DE SOUSA, Thanderson Pereira. Água (ODS 6), programa cisternas e o novo regime fiscal brasileiro. *Revista Vianna Sapiens*, v. 9, n. 1, p. 24-24, 2018.

DE SOUZA, Tamiris Fonseca et al. UTILIZAÇÃO DE MEIO FILTRANTE ALTERNATIVO PARA FILTRAGEM A VÁCUO. In: 14ª Semana de Ciência & Tecnologia 2018-CEFET-MG. 2018.

DI BERNARDO, L; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de tecnologia de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe LTDA. 878p. 2008.

Editora Blucher, 2009. Fabricantes de filtros de água em Jaboticabal-SP, 1920-2004. 2004. Dissertação (Mestrado em História Econômica) – Faculdade de Ciências e Letras, UNESP,

Frigo, E. P., Sampaio, S. C., Freitas, P. L., Nóbrega, L. H., Santos, R. F., & GAN, F.Q.,ZHOU, J.M.,WANG, H.Y.,DU, C.W.,CHEN, X.Q.. **Removal of phosphate from aqueous solution by thermally treated natural palygorskite**. *Water Research*, v. 43, p. 2907-2915, 2009.

GUEDES, Tiago Lemos et al. Aplicação da filtração em margem de rio como alternativa de tratamento de água para comunidades isoladas. adutores e duas soluções eficazes testadas computacionalmente• Normatização de indicadores de perdas de água: a experiência das agências reguladoras no Brasil• Desenvolvimento de Ferramenta Integrada ao, v. 67, 2019.

Haarhoff, J. e Cleasby, J.L. (1991). **Biological and physical mechanisms in slow sand filtration**. In: Logsdon, G.S. (ed.) Slow Sand Filtration, ASCE, Nova Iorque, E.U.A.

HADEN, W. L., SCHWINT, I. A. **Attapulгите: Its properties and applications Industrial & Engineering Chemistry**, v. 59, n. 9, p. 58-69, 1967.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional De Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro, 2010

JESUS, Marinalva Jericó Bezerra. **Filtro caseiro: água de qualidade para o consumo humano**. 2018. 19 p. Conclusão de Curso (Bacharel em Educação do Campo) - Universidade do Vale do São Francisco, JUAZEIRO - BA, 2018.

KOWATA, E. A.; RIBEIRO, J. T.; TELLES, D. D. Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de adsorção neutralização de cargas. São Paulo, 2000. Disponível em: < [http://bt.fatecsp.br/bulletins/show\\_article/107](http://bt.fatecsp.br/bulletins/show_article/107) > Acesso em 18 Ago. 2022.

KOWATA, Emília Akemi. RIBEIRO, José Tarcísio. TELLES, Dirceu D'Alkimin. **Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de adsorção neutralização de cargas**. FATEC, São Paulo. Disponível em < <http://bt.fatecsp.br/system/articles/115/original/trabalho5.pdf> > Acesso em 12 de Agosto de 2022.

LEMOS, Simone. Dados da ONU mostram que 15 mil pessoas morrem por doenças ligadas à falta de saneamento. Jornal da USP. 21 Jul. 2020. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostram-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento/> >. Acesso em: 16 Ago. 2022.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3º ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

LIMA, Anderson de Jesus. Análise comparativa da eficiência de filtros lentos com meios filtrantes convencional e não convencionais. 2020. 134 p. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil.) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2020.

LIMA, Anni Kelle Serrão et al. **Fungos isolados da água de consumo de uma comunidade ribeirinha do médio Rio Solimões, Amazonas-Brasil**: potencial patogênico. Revista Ambiente & Água, [s. l.], v. 12, ed. 6, 2 dez. 2017.

LUZ, Adão Benvindo, LINS, Fernando Antônio Freitas. **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. 2ªEd, Rio de Janeiro, CETEM/MCT/2008.

Mallmann, L. S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. Irriga, v. 11, n. 3, p. 305-318, 2006.

MÁRTIRES, Raimundo Augusto Corrêa. Caulim. 14 Jun. 2017. Disponível em < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/6-2-caulim> > Acesso em 5 Ago. 2022.

METCALF & EDDY, Inc. 1991. Wastewater engineering. Treatment, disposal, reuse. 3<sup>rd</sup> Edition, Lewis Publishing Inc. Chelsea, p. 636-42.

MIAO , S.D., LIU , Z.M. , ZHANG, Z.F., HAN , B.X., MIAO , Z.J., DING , K.L., A N , G.M. **Ionic liquid-assisted immobilization of Rh on attapulgite and its application n cyclohexene hydrogenation.** Journal of Physical Chemistry C. v. III, n.5, p. 2185-2190, 2007

MICHELAN, D. C. G. S. et al. Desempenho das etapas de tratamento de água da estação de tratamento de água Poxim. Sci Cum Ind, v. 7, n. 2, p. 7-14, 2019. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 213p., 2006.

MONTE, Priscilla Matias. **Viabilidade ambiental dos residuos de caulim como meio filtrante para filtro no tratamento de agua para abastecimento/consumo humano.** 2020. 50 p. Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2020.

MURRAY, H. H. **Chapter 3 Geology and Location of major industrial clay deposits. applied clay mineralogy:** occurrences, processing and applications of kaolins, bentonites, palygorskite-sepiolite, and common clays. Developments in clays science. Elsevier, 2006. 188p.

NBR 6457. Amostra de solos - **Preparação para ensaio de caracterização e compactação.** Rio de Janeiro. 1986

NGUYEN, D. M. et al. Bamboo fiberboards and attapulgite: does it lead to an improvement of humidity control in buildings?. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. p. 012012.

O que é granulometria e para que serve?. Fluxo de Informação. 10 de fevereiro de 2022. Disponível em: < <https://fluxodeinformacao.com/biblioteca/artigo/read/82570-o-que-e-granulometria-e-para-que-serve> > Acesso em 12 de Agosto de 2022.

ODS 6: como levar água e saneamento para todos até 2030?. Saneamento em Pauta por BRK!. Agosto de 2021. Disponível em: < <https://blog.brkambiental.com.br/ods-6/> >. Acesso em 16 Ago. 2022.

OLIVEIRA, Natalia Terezinha et al. Tratamento de água com Moringa oleifera como coagulante/floculante natural. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 9, n. 1, p. 373-382, 2018.

PATERNIANI, José Euclides Stipp; CONCEIÇÃO, Celso Henrique Zuppi da. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, n. 1, p. 17-24, 2004.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Plataforma Agenda 2030. 2018. Disponível em: < <http://www.agenda2030.org.br> >. Acesso em: 17 Ago. 2022.

POST, J.L. CRAWFORD, S. **Varied forms of paligorsquita and sepiolite from different geologic systems**. Applied Clay Science, v. 36,p. 232-244, 2007.

PROSAB. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. FINEP, 1999.

RICHTER CA. ÁGUA: Métodos e Tecnologia de Tratamento. São Paulo: SANTOS, Maria do Socorro Ferreira. **Análise da ação da paligorsquita no tratamento de efluentes contaminados por chumbo**. 2013. 201 p. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Química.) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2013.

SANTOS, Samara Tavares; DE JESUS LIMA, Anderson; MICHELAN, Denise Conceição de Gois Santos. Perspectivas sobre o uso de materiais alternativos no tratamento de água: revisão sistemática desenvolvida em filtros lentos. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 9, n. 2, 2021.

SANTOS, Valesca Ingrid Nobre dos. Influência da presença de ferro na cor e turbidez e implicações na água de poço para abastecimento público. 2020.

SILVA, B. I. C. **O beneficiamento do caulim no distrito Barra de Juazeirinho - PB: análise de uma atividade econômica com reflexos ambientais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

SILVA, Bruno Moreno Ramos. **Avaliação do emprego de areia de britagem como leito filtrante de filtros rápidos para tratamento de água**. 2018. 170 p. Pós-Graduação (Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018.

SILVA, Ingrid Guimarães Silveira. Utilização de meios filtrantes alternativos para filtragem a vácuo. 2018. 64 p. Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Minas) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, Araxá/MG, 2018.

SILVEIRA, Otacilio Junior et al. Uso de diferentes filtros biológicos e mecânico no controle da água em atividade piscícola. In: 11ª JICE-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO. 2020.

SIQUEIRA, L. P.; SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, R. M. T.; PAIVA, J. E.; LIMA FILHO, J. L. et al. **Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação**. Ciência e saúde coletiva, v. 15, n. 1, p 63-66, 2010.

SOUSA, R. F. **Fabricação e caracterização de um filtro a base de rejeitos cerâmicos, carvão ativado e nanopartículas de ZnO para purificação de água**. Tese (Doutorado) submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Mecânica. 2018.

SOUZA, W. A. Tratamento de Água. Natal: CEFET/RN, 2007.

Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation 2018. New York: ONU, 199 p. 2018.

UNICEF. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável**, dizem o UNICEF e a OMS. Unicef, 18 jun. 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em 17 Mar. 2022.

VOGEL, A. I.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, E. M. J. K. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 447 p.

YANG, Jie et al. **The stabilization process in the remediation of vanadium-contaminated soil by attapulgite, zeolite and hydroxyapatite**. Ecological Engineering, v. 156, p. 105975, 2020.

ZHANG, J., WANG, Q., CHEN, H., WANG, A. **XR F and nitrogen adsorption studies of acid-activated palygorskite**. Clay Minerals

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. Afr. J. Agric. Res, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522